

*Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu  
Katedra Ekonomii*

*Michał Moszyński*

## KONSTRUOWANIE PLANÓW ZAJĘĆ DYDAKTYCZNYCH JAKO WIELOKRYTERIALNY PROBLEM OPTYMALIZACYJNY – KILKA REFLEKSJI

**Z a r y s t r e ś c i.** Każda placówka dydaktyczna opracowuje plany zajęć, które uwzględniają wiele ograniczeń i preferencji użytkowników i przekładają się na stopień wykorzystania bazy materialnej. Celem artykułu jest przybliżenie problematyki planowania zajęć i wskazanie na szereg dylematów, które stoją przed planistą. Opracowanie podejmuje wątki teoretycznego zdefiniowania zagadnienia optymalnego rozłożenia zajęć dydaktycznych, koncentrując się na kilku kluczowych kwestiach: preferencjach użytkowników, stopniu wykorzystania pomieszczeń dydaktycznych i narzędziach pomocnych w procesie planowania.

**S ł o w a   k l u c z o w e:** wielokryterialny problem optymalizacyjny, preferencje użytkowników, dobrobyt, wykorzystanie bazy lokalowej.

### 1. WSTĘP

Układanie planów zajęć dydaktycznych odbywa się co semestr we wszystkich placówkach dydaktycznych każdego szerebła. Zajęcie to ze względu na swój skomplikowany charakter i pracochłonność kojarzone jest negatywnie jako zło konieczne i w potocznej opinii nie zasługuje na większą uwagę. Niesłusznie, gdyż układ dnia, tygodnia i roku akademickiego (szkolnego) każdego pracownika naukowo-dydaktycznego i olbrzymiej rzeszy studentów (uczniów) zależy od sprawności pracy planisty i pieczołowitości, z jaką uwzględnia on preferencje użytkowników planu. Problem ułożenia planu stanowi zatem ważne zadanie praktyczne, które dotyka na co dzień całą społeczność zaangażowaną w proces

edukacji i wpływa na stopień wykorzystania bazy materialnej jednostek dydaktycznych, a przez to – na koszty.

W opracowaniu przybliżono problem planowania od strony teoretycznej, następnie podjęto rozważania, które koncentrują się wokół kilku wątków: preferencji użytkowników planu, stosowanych kryteriów optymalizacji, stopnia wykorzystania bazy lokalowej i metod planowania. Tok wywodów ilustrowany jest przykładami liczbowymi – hipotetycznymi, ale i faktycznymi, zbudowanymi na podstawie obserwacji dużego wydziału wyższej uczelni, popartymi pięcioletnim doświadczeniem planistycznym autora<sup>1</sup>. Artykuł kończą wnioski<sup>2</sup>.

## 2. PLANOWANIE ZAJĘĆ W UJĘCIU TEORETYCZNYM

Problem optymalizacji podejmowany jest na gruncie różnych nauk: matematyki, informatyki, logistyki, ekonomii i definiowany bywa na ogół jako proces znajdowania najlepszego ze wszystkich możliwych rozwiązania przy uwzględnieniu występujących ograniczeń.

Ułożenie planu zajęć stanowi swoisty problem optymalizacyjny z kilku powodów:

- planista ma do dyspozycji określony zbiór zmiennych decyzyjnych (sterowań),
- przy konstrukcji planu występuje szereg ograniczeń,
- w trakcie planowania opiera się on na systemie kryteriów optymalizacji (nie zawsze zadanych jawnie, w postaci odpowiednich funkcji czy relacji), jakie powinien realizować „dobry” plan.

Ogólną strukturą modelową zadania planowania zajęć uniwersyteckich może być zagadnienie wielokryterialnej alokacji zasobów, jednakże modelowa definicja problemu realizowana jest w praktyce na wiele sposobów, zależnych w dużej mierze od wybranej metody poszukiwania rozwiązania optymalnego lub akceptowalnego (de Werra, 1985). Wydaje się, że można jednak, na podstawie dotychczasowej praktyki planistycznej wyróżnić pewne elementy modelu, które winny być w nim obecne, niezależnie od implementacji.

Podstawowe decyzje podejmowane przez planistę sprowadzają się do ustalenia, które środki i w jakich ilościach należy użyć, czyli do odpowiedzi na pytanie: kto, kiedy i gdzie prowadzi określony rodzaj zajęć.

---

<sup>1</sup> Pod uwagę wzięto jeden semestr studiów stacjonarnych, w jednostce zajęcia prowadziło 122 nauczycieli akademickich w 22 salach dydaktycznych w jednym budynku. Liczba studentów wynosiła około 3 tys.

<sup>2</sup> Autor serdecznie dziękuje S. Bejgerowi, J. Górcie i T. Zimnickiemu za cenne uwagi.

Planista musi wziąć pod uwagę ograniczenia zasobowe, (dostępność, pojemność i wyposażenie pomieszczeń, w których mogą odbywać się zajęcia), ograniczenia osobowe (preferencje pracowników co do rozłożenia zajęć i bazy dydaktycznej), czasowe (długość dnia zajęć – liczba godzin – narzucone z góry terminy, w których nie można planować zajęć), zdrowotnych (maksymalna liczba godzin dydaktycznych jednego dnia, kolejność zajęć) i wiele innych. Podstawowe ograniczenia wraz z przykładowymi preferencjami głównych użytkowników planu zawarto w tabeli 1.

W procesie planowania główne parametry dotyczą terminów prowadzenia zajęć: liczby zajęć w ciągu dnia, blokowania zajęć, dni zajęć, przerw w zajęciach itp. Realizowanym przez planistę kryterium optymalizacji mogą być: minimalizacja kosztów nieoptymalnego wykorzystania zasobów (wyrażone przez straty czasu lub w jednostkach pieniężnych) a także optymalizacja użyteczności użytkowników planu – pracowników i studentów.

Jak wspomniano, kwestia planowania zajęć, określana w literaturze mianem *timetabling*, czy też harmonogramowaniem (Szwed, Toczyłowski, 1998), stanowi w swej istocie problem wielokryterialny i jako taki jest dość dobrze opisana i analizowana za pomocą narzędzi z dziedziny programowania wielokryterialnego. W jego ramach decydent (planista) stara się dokonać wyboru decyzji dopuszczalnej  $x = [x_1, \dots, x_n]^T$  ze zbioru decyzji (rozwiązań)  $D$ , kierując się szeregiem mierzalnych kryteriów  $f_1, \dots, f_n$ . W praktyce decyzja lepsza ze względu na jedno kryterium może być gorsza ze względu na inne kryteria. Odnosząc to do omawianej tematyki: lepsze spełnienie kryterium dopasowania sal do wymogów pracowników pogarsza decyzję pod względem chociażby preferowanych terminów zajęć. Mamy wówczas do czynienia z tzw. optimami częściowymi. Konflikty

Tabela 1. Najważniejsze ograniczenia w procesie planowania

Ograniczenia lokalowe i inne	Ograniczenia związane z preferencjami pracowników	Ograniczenia związane z preferencjami słuchaczy
Liczba i pojemność pomieszczeń, Konieczność uwzględnienia zajęć w innych ośrodkach, pozostających poza „władzą” planisty, Wyposażenie procesu dydaktycznego (rzutniki, tablice, komputery, kreda), Inne obowiązki pracowników, ograniczające ich dostępność, Plany studiów, Zajęcia nie mogą się nakładać, Inne.	Zajęcia w konkretnych terminach, Specyficzne rozłożenie zajęć, Życzenia lokalowe, Pożądany sprzęt, Inne.	Brak „okienek”, Wolny piątek ...???

Źródło: opracowanie własne.

wielu kryteriów rodzą konieczność szukania decyzji kompromisowej, czyli już nie najlepszej, ale akceptowalnej dla każdego kryterium (Łodziński, 2008). W analizach wielokryterialnych wygodniej zatem posługiwać się optymalnością w sensie Pareto. Szukamy wówczas rozwiązania najlepszego z punktu widzenia wszystkich funkcji celu, czyli takiego, dla którego nie można już znaleźć innego rozwiązania dającego poprawę choćby jednej funkcji celu, nie powodując pogorszenia wartości innych funkcji celu.

Z uwagi na nieporównywalność decyzji (rozwiązań) Pareto-optymalnych, nie jest możliwe określenie, która jest lepsza, a która gorsza. Pociąga to za sobą konieczność wprowadzania dodatkowych warunków ograniczających zbiór decyzyjny. Stosuje się tu kilka metod. Jedną z nich stanowi obranie jednego z kryteriów cząstkowych za cel główny i próba jego maksymalizacji. Inną propozycja to wdrożenie tzw. metakryterium, które oznacza, iż decydent opierając się o wiele kryteriów potrafi przypisać każdemu rozwiązaniu dopuszczalnemu pewną liczbowo wyrażoną użyteczność. Obrazuje to funkcja w postaci:

$$u(x) = u[f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)]^T,$$

której maksymalizacja oznacza znalezienie najlepszej decyzji kompromisowej. W najprostszym metakryterium stosuje się ważoną sumę kryteriów o postaci:

$$u(x) = \sum_{i=1}^k a_i f_i(x),$$

przy czym wagi  $a_i$ , odzwierciedlają względne znaczenie przypisywane przez decydenta  $i$ -temu kryterium.

Poniżej zaprezentowane zostanie podejście rozwiązania problemu od strony technicznej, bazujące na użyciu metakryterium i eksponujące preferencje użytkowników planu jako ważną składową dobrej decyzji. Wydaje się, że to podejście jest stosunkowo mało eksponowane w literaturze i wymaga implementacji modelowej.

W naszym prostym ujęciu ograniczmy użytkowników planu do pracowników<sup>3</sup>. Każdy pracownik posiada funkcję użyteczności, którą można ogólnie zapisać jako:

$$f_i(\bar{x}), \text{ dla } i = 1, \dots, n.$$

gdzie:

$\bar{x}$  – wektor zmiennych decyzyjnych.

---

<sup>3</sup> Oczywiście w praktyce preferencje słuchaczy – klientów szkół i uczelni – powinny być również brane pod uwagę.

Pracownik będzie zadowolony, jeśli jego funkcja użyteczności, która wyraża jego preferencje, będzie zmaksymalizowana:

$$f_i(\bar{x}) \rightarrow \max.$$

Ograniczenia dla  $i$ -tego pracownika można opisać wektorową funkcją  $\bar{g}_i$ :

$$\bar{g}_i(\bar{x}) \leq \bar{b}_i,$$

gdzie:

$\bar{b}_i$  – wektor ograniczeń dla  $i$ -tego pracownika.

Jeśli uznamy, że społeczność pracowników stanowi swoiste mini-społeczeństwo, możemy wykorzystać w rozważaniach dorobek ekonomii dobrobytu. Zgadzając się na międzyosobową porównywalność użyteczności, musimy i tak zdefiniować regułę agregacji, która pozwoli na przetworzenie preferencji jednostek w preferencje społeczne. Najprostsze funkcje dobrobytu społecznego wywodzą się ze szkoły utylitarystycznej, która uznaje, że użyteczności poszczególnych członków społeczeństwa (u nas: pracowników) można sumować (Acocella, 2002). Uogólniona utylitarystyczna funkcja dobrobytu społecznego – zagregowana funkcja użyteczności dla całej społeczności  $n$  wykładowców, a zarazem metakryterium, miałyby postać:

$$\sum_{i=1}^n a_i f_i(\bar{x}) \rightarrow \max,$$

gdzie:

$a_i$  – waga przypisywana  $i$ -temu pracownikowi,  $\sum_{i=1}^n a_i = 1$  oraz  $a \in \langle 0,1 \rangle$ .

Całkowite zignorowanie przez planistę preferencji danego pracownika oznaczałoby, że odpowiadająca mu waga wynosi zero. W skrajnym przypadku, gdy planista bierze pod uwagę użyteczność tylko jednej osoby, jej waga wynosi jeden. Przyjęcie wag pomaga rozstrzygać pomiędzy sprzecznymi celami różnych użytkowników i ich grup.

Chęć maksymalizacji zadowolenia każdego pracownika oznacza przyjęcie przez planistę nieco innej, bardziej „humanitarnej” optyki niż w ujęciu czysto technicznym, kiedy to zajęcia układane są mechanicznie, z pominięciem życzeń użytkowników.

Tak skonstruowane metakryterium pracowników mogłoby być elementem (kryterium zagnieżdżonym) ogólnego metakryterium planisty, uwzględniającego pozostałe kryteria optymalizacji czyli koszty alokacji zasobów oraz dobro studentów. W praktyce planista może tworzyć na swój użytek całą wiązkę celów o określonej hierarchii lub oprzeć swoją pracę na innej funkcji celu, np. na zamiarze minimalizacji łącznej liczby „okienek”, czyli niechcianych przerw pomiędzy zajęciami dydaktycznymi.

Wagę dobrego planu łatwo sobie uzmysłować dzięki prostemu eksperymentowi myślowemu. Wyobraźmy sobie, że Doktor X i jego studenci (300 osób) mają niechciane okienko, które trwa 2 godziny. Warto postawić pytanie, ile tracą czasu? W skali roku aż 9000 godzin, czyli 225 dni roboczych, co daje niemal cały rok pracy w przeliczeniu na jedną osobę (tabela 2). Jeśli takich niechcianych przerw jest więcej, oznacza to istotne pogorszenie dobrobytu użytkowników planu. W dużych jednostkach edukacyjnych liczba studentów (uczniów) może wynosić kilka tysięcy.

Załóżmy, że pewien wydział liczy 3 tys. studentów, z których każdy ma 2 dwugodzinne niechciane przerwy. Oznacza to „stratę” 12 tys. godzin tygodniowo i aż 180 tys. w semestrze (przy 15 tygodniach w semestrze). Te społeczne koszty nie są na ogół szacowane, analizowane, lecz po prostu „przerzucane” na „konsumentów” planu. Mogą one jednak stanowić miernik jakości planu.

Tabela 2. Straty czasu pracownika i studentów wskutek niechcianej przerwy w zajęciach dydaktycznych

Wyszczególnienie	Strata czasu w godzinach	
	Tygodniowo	W semestrze
Doktor X	2	30
Studenci – grupa 300 osób	600	9000

Źródło: opracowanie własne.

W podobny sposób – poprzez straty czasu – można analizować koszty jednorazowych zdarzeń: błędów w planie, które zostają usunięte dopiero w trakcie cyklu dydaktycznego, odwołania zajęć i niepoinformowania o tym słuchaczy itp. W procesie planowania łatwo popełnić błąd, który kosztuje użytkowników – studentów i pracowników – wiele czasu i dezorganizuje ich pracę. Dlatego jakość informacji ma dla planistów pierwszorzędne znaczenie.

W prawidłowo od strony formalnej ułożonym planie:

- zawarte są wszystkie zajęcia, które mają się odbyć w danym okresie,
- zgadza się obłożenie sal z planami zajęć,
- nie ma kolizji zajęć (zajęcia nie „nachodzą” na siebie) i sal (w każdej sali odbywają się tylko jedno zajęcia o danej godzinie danego dnia),
- zasoby materialne dobrane są do charakteru zajęć.

Gdy plan spełnia powyższe założenia można uznać, że stanowi rozwiązanie dopuszczalne. Postulaty te można realizować pod warunkiem, że istniejąca baza dydaktyczna pomieści wszystkie zajęcia. Zadanie optymalizacyjne, jakim jest ułożenie planu może mieć zatem rozwiązanie, jeśli liczba godzin zajęć nie przekracza liczby oferowanych przez bazę wolnych terminów oraz pozwala na

przeprowadzenie zajęć w zależności od ich charakteru<sup>4</sup>. Na ogół jednak nie udaje się wyznaczyć dokładnego rozwiązania, satysfakcjonującego wszystkich użytkowników, tylko rozwiązanie przybliżone (jeśli chodzi o satysfakcję), zwłaszcza dla pracowników o małej wadze  $a_i$ .

### 3. PRZEŁOŻENIE PREFERENCJI UŻYTKOWNIKÓW NA PLAN

Ciekawą kwestią jest przenoszenie preferencji użytkowników przez planistę na plan. Konstruktora planu można porównać do walrasowskiego licytatora lub do centralnego planisty w tym sensie, że oczekujemy od niego, by znał preferencje użytkowników planu i posiadał wszelkie niezbędne do jego ułożenia informacje. Planista może w wyraźny sposób odbić na planie swoje preferencje, jeśli przykładowo założy, iż wolą użytkowników (konsumentów) jest minimalizacja „okienek”. W takim przypadku będzie starał się ułożyć zajęcia po kolei, jedno po drugim. Jeśli przyjmie, że zajęcia powinny zaczynać się od samego rana, studenci i pracownicy będą musieli wstawać wcześniej niż by sobie tego życzyli.

Cóż zatem powinien zrobić planista? Powinien poznać oczekiwania użytkowników planu, czyli wspomniane powyżej funkcje użyteczności. W przypadku pracowników nie stanowi to problemu, mogą oni przekazywać swoje postulaty, najlepiej na specjalnie przygotowanych formularzach (np. w drodze elektronicznej). Jeśli chodzi o studentów (uczniów), ustalenie preferencji jest utrudnione. Skład grup zajęciowych ulega zmianom, a duża liczba pozostałych ograniczeń brzegowych sprawia, iż preferencje studentów nie są na ogół przedmiotem zainteresowania planisty<sup>5</sup>. Poznanie i wdrożenie postulatów pracowników ma tę zaletę, że zmniejsza istotnie ilość poprawek wprowadzanych w gotowym planie. Tabela 3 zawiera informację zwrotną uzyskaną od 122 pracowników analizowanego wydziału, którzy określili terminy, w których nie chcą prowadzić zajęć dydaktycznych<sup>6</sup>. Ze względu na brak miejsca pokazano tylko wybrane rekordy, uszeregowane od osób najbardziej elastycznych czasowo, do najmniej. W skali całej zbiorowości zaobserwować można, że:

- wykładowcy przedkładają pewne dni (wtorki, środy) nad inne (piątki),
- większość uczących nie lubi prowadzić zajęć rano i wieczorem,
- średnia dostępność pracowników wyniosła 49,5%.

<sup>4</sup> Jednostka może mieć sale niedopasowane do potrzeb – np. potrzebne są dwie sale na 300 osób, a jest tylko jedna.

<sup>5</sup> W wyniku przeprowadzonej rozmowy ze starostami grup i kierunków analizowanego wydziału (około 30 osób) udało się ustalić niechęć studentów do okienek oraz do zajęć w godzinach porannych oraz w piątek. Planisci starają się uwzględniać te preferencje.

<sup>6</sup> W analizowanym wydziale badane są również preferencje nt. blokowania zajęć, maksymalnej liczby zajęć jednego dnia i inne.

Tabela 3. Przykładowe preferencje pracowników analizowanego wydziału wyższej uczelni (wybrane rekordy)

Nr prac.	5	10	67	16	90	34	58	122	52	82	97	20	(...)		DP (%)
Poniedziałek	1			X	X		X	X	X	X		X			20
	2			X	X			X	X	X					20
	3				X			X	X	X					20
	4							X	X	X		X			20
	5					X		X	X	X		X			18
	6				X	X		X	X	X		X			22
	7				X	X		X	X	X		X			18
Wtorek	1				X		X	X	X	X	X	X			19
	2							X	X	X	X	X			22
	3							X	X	X	X	X			19
	4							X	X		X	X			18
	5					X		X	X		X	X			20
	6				X	X		X	X		X	X			17
	7				X	X		X	X	X	X	X			17
Środa	1			X			X	X		X	X	X			28
	2									X	X				25
	3		X			X			X	X	X	X			25
	4		X								X	X			27
	5		X			X					X	X			23
	6					X					X	X			24
	7				X	X			X	X	X	X			27
Czwartek	1						X	X		X	X	X			21
	2						X			X	X	X			20
	3						X			X	X	X			25
	4						X		X	X	X	X			20
	5					X	X		X	X	X	X			20
	6				X	X	X		X	X	X	X			25
	7				X	X	X		X	X	X	X			21
Piątek	1			X	X		X	X			X	X			17
	2			X	X		X				X	X			20
	3			X	X		X			X	X	X			17
	4			X	X		X			X	X	X			17
	5			X	X	X	X	X		X	X	X			20
	6			X	X	X	X	X	X	X	X	X			18
	7			X	X	X	X	X	X	X	X	X			18
SD (%)	100	91	80	71	60	54	51	43	37	23	20	9	(...)	<b>49,5</b>	–

Założenia: zajęcia prowadzone są w dwugodzinnych blokach, których jest 7 dziennie, 5 dni w tygodniu. Symbol „X” oznacza, że pracownik nie chce w danym terminie prowadzić zajęć.

SD – stopień dostępności pracownika wyraża liczbę bloków zajęciowych w ciągu tygodnia, w których chciałby prowadzić zajęcia (jako odsetek bloków ogółem). Przykładowo: pracownik nr 5 jest dostępny przez cały tydzień, pracownik nr 20 pragnie mieć zajęcia tylko w podanych 3 blokach – 2 w poniedziałek i 1 w środę. Średnia dostępność 122 pracowników w analizowanym semestrze wyniosła 49,5%.

DP – dostępność pracowników (jako odsetek ogółu pracowników). Przykładowo chęć prowadzenia zajęć we wtorek wieczorem wyraża 17% pracowników, zaś w środę rano – 28%.

Źródło: opracowanie własne.



Preferencje nauczycieli akademickich w analizowanej jednostce znajdują swoje odzwierciedlenie – choć nie idealne – w obłożeniu pomieszczeń dydaktycznych, co ukazane jest w tabeli 4. Najbardziej obciążone są godziny południowe, a najmniej – ranne i wieczorne. Wolną salę najłatwiej znaleźć w piątek.

W toku prac planistycznych pojawia się wiele dylematów: które preferencje są ważniejsze: pracownika X czy pracownika Y? pojedynczego wykładowcy Z czy całej grupy studentów? W praktyce – niestety – działa zasada hierarchii służbowej i nie zawsze rozwiązanie bardziej sprawiedliwe wygrywa. Jeśli planista w przykładzie z tabeli 2. przedłoży dobro pracownika nad dobro studentów i weźmie pod uwagę tylko jego preferencje (i każe przyjść studentom w niedogodnym dla nich terminie), oznacza to, że życzeniom pracownika przypisuje wagę ponad 300 razy większą.

W odpowiedzi na pytanie, co to znaczy dobrze ułożony plan, można skorzystać ze wspomnianego kryterium optimum Pareto. Zgodnie z nim, jeśli da się skorygować plan i poprawić położenie jednego z użytkowników, nie pogarszając przy tym położenia innych osób, to planu nie można uznać za w pełni ukończony. Poprawianie gotowego planu to ryzykowna gra, która niesie ze sobą możliwość pomyłek, zwłaszcza jeśli poprawek dokonują bezpośredni zainteresowani, na ogół osoby niewprawne. W toku pięcioletnich prac planistycznych zaobserwowano, że warto wprowadzać korekty w sposób transparentny, tzn. publicznie (np. na ogólnodostępnej stronie internetowej). Dzięki temu unika się sytuacji wprowadzania poprawek, które w jaskrawy sposób pogarszają położenie innych, niedoinformowanych uczestników (np. pracownik X zabiera salę pracownikowi Y).

Początek budowy planu – niczym inicjacja partii szachów – w znacznym stopniu determinuje dalsze prace i określa ich finalny kształt. Zajęcie to przypomina bowiem budowę misternej konstrukcji, którą trudno diametralnie zmienić w jej finalnym etapie. Od strony teoretycznej byłoby wprawdzie niezmiernie ciekawe zbadanie szeregu rozwiązań, jednak konstruowanie alternatywnych wersji planu z oczywistych względów nie jest możliwe. Otwartą kwestią byłoby określenie, który plan jest lepszy i w jaki sposób wybierać tę „lepszą” wersję. Pozostawienie wyboru użytkownikom, np. w formie głosowania, oznaczałby znowu konieczność arbitralnego ustalenia kręgu wyborców i przypisania ich głosom określonych wag.

Interesująco brzmi od strony badawczej i praktycznej pytanie – czy plan może ułożyć się sam? Jest to, przynajmniej po części, możliwe przy założeniu, że planista przygotowuje plan zajęć dla pracowników, udostępni go, a słuchacze będą się sami zapisywać na zajęcia fakultatywne. Mogliby oni w ten sposób wyrazić swoje preferencje – wybierając zajęcia w odpowiadających im porach zgodnych z różnymi rytmemi biologicznymi i dopasowanych do innych zajęć.

Taką propozycję realizuje część uczelni w formie tzw. zajęć do wyboru, jednak w bardzo ograniczonym stopniu. Warunkiem powodzenia tej formy konstruowania planu jest jego „zamrożenie” w momencie zapisów, gdyż późniejsze korekty nie byłyby już możliwe ze względu na różne składy grup zajęciowych (np. grupa 3 na I roku miałaby odmienny skład na wszystkich przedmiotach). Zastosowanie zapisów na zajęcia oznacza wdrożenie zasady „kto pierwszy, ten lepszy” – największym popytem będą się cieszyć najpopularniejsi wykładowcy najatrakcyjniejsze terminy. Nie dla wszystkich starczy więc miejsca, dlatego konieczne byłoby wprowadzenie limitów zapisów na zajęcia i późniejsze przesuwanie „nadwyżkowych” studentów do zajęć prowadzonych w mniej dogodnych terminach i przez mniej lubianych nauczycieli.

Zasada „kto pierwszy, ten lepszy” sugeruje, że pozwolenie nauczycielom na samodzielne konstruowanie planu od podstaw za pośrednictwem systemu komputerowego byłoby ryzykowne i prowadziło do konfliktów. Lepiej, jeśli ograniczy się odgórnie ich wolność wyboru dla ich własnego dobra. Wobec ogromu ograniczeń i konieczności przeprowadzenia zajęć dydaktycznych, zgodnych z programem kształcenia, centralne planowanie (przez planistę) daje lepsze efekty niż wolny rynek (oddolne układanie planu przez pracowników).

#### 4. STOPIEŃ WYKORZYSTANIA BAZY DYDAKTYCZNEJ

Spełnienie życzeń użytkowników w znacznym stopniu zależy od liczby dostępnych sal dydaktycznych. Ich zbiór okazuje się na ogół mniejszy od potrzeb, dlatego część użytkowników musi zadowolić się niekorzystnymi dla nich godzinami pracy. W idealnej alokacji zasób pomieszczeń danej jednostki byłby wykorzystany w 100%, co oznaczałoby pełne obłożenie sal, bez przerw, w całym dniu roboczym. Takie obłożenie, optymalne z punktu widzenia kosztów utrzymania bazy dydaktycznej, nie jest jednak możliwe do zrealizowania w praktyce, a ponadto należy zawsze uwzględniać konieczność:

- utrzymywania pewnej rezerwy dla innych zajęć (wykłady gościnne, konferencje, spotkania kół naukowych itp.),
- dokonywania bieżących korekt w planie z uwagi na nieprzewidziane okoliczności,
- odrabiania zaległych zajęć spowodowanych absencją pracowników.

Planowanie zajęć ogniskuje zatem różne interesy: władze uczelni mogą być zainteresowane maksymalizacją stopnia wykorzystania zasobów lokalowych w celu minimalizacji kosztów, pracownicy i studenci studiów stacjonarnych najprawdopodobniej nie chcieliby pracować w godzinach wieczornych.

Tabela 4. Wykorzystanie pomieszczeń dydaktycznych w badanym wydziale (w %)

Blok	Poniedziałek	Wtorek	Środa	Czwartek	Piątek	Łącznie
1	55	82	82	82	59	<b>72</b>
2	100	91	100	100	77	<b>94</b>
3	100	95	100	100	86	<b>96</b>
4	86	91	77	100	73	<b>85</b>
5	95	82	95	91	45	<b>82</b>
6	91	77	82	91	55	<b>79</b>
7	45	50	55	59	45	<b>51</b>
Łącznie	82	81	84	89	63	80

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku jednostek edukacyjnych niższego szczebla prowadzenie zajęć w godzinach wieczornych jest wykluczone. Tutaj rachunek kosztów nie stanowi podstawowego kryterium decyzyjnego.

Trudno określić „pożądany” stopień wykorzystania zasobu lokalowego, który byłby rozsądnym kompromisem pomiędzy sprzecznymi interesami władz i użytkowników (sprzecznymi kryteriami kosztowymi a swobodą rozkładania zajęć w ciągu tygodnia). Z praktyki analizowanego wydziału (122 pracowników, 3 tys. studentów, 22 sale) wynika, że 80-procentowe obłożenie sal w skali całego tygodnia nastręcza już bardzo dużo problemów dla planisty, zaś w najbardziej popularnych dniach oraz godzinach i tak brakuje wolnych pomieszczeń (tabela 4).

Na wykorzystanie zasobów lokalowych bezpośrednio wpływa długość dnia roboczego. Przeprowadźmy jeszcze jeden eksperyment, który pozwoli lepiej naświetlić tę kwestię. Załóżmy, że na analizowanym wydziale dzień roboczy obejmuje 7 bloków dwugodzinnych (2x45 minut) i zajęcia zaczynają się o 8 rano, a kończą o 19:30 (10 minutowe przerwy). Oznacza to, że każda sala pozwala przeprowadzić 35 bloków zajęciowych tygodniowo. Przypuśćmy, że władze uczelni decydują się zmienić organizację dnia roboczego i wprowadzają zasadę, że zajęcia odbywają się w blokach dwugodzinnych, ale z 30 minutową przerwą. W takim przypadku w ciągu dnia można przeprowadzić tylko 12 godzin zajęć. Liczba bloków zajęciowych, które można przeprowadzić w jednym pomieszczeniu w skali tygodnia zmniejsza się do 30. Operację tę można porównać do zmniejszenia zasobu sal o 1/7. Przeprowadzenie zajęć w takich warunkach oznaczałoby wzrost obłożenia sal do 93%. W analizowanej jednostce skrócenie dnia pracy do 5 bloków (10 godzin) uniemożliwiłoby przeprowadzenie wszystkich zajęć (tabela 5).

Tabela 5. Zasób wolnych pomieszczeń w skali tygodnia a długość dnia pracy w badanym budynku

Długość dnia (w blokach 2h)	Liczba wolnych terminów (tygodniowo)	Obciążenie dydaktyczne (w blokach 2h)	Obciążenie sal (w%)	Liczba sal	
				Faktyczna	Wirtualna*
<b>7</b>	<b>770</b>	<b>615</b>	<b>80</b>	<b>22,0</b>	–
6	660	615	93	22,0	18,9
5	550	615	112	22,0	15,7
4	440	615	140	22,0	12,6

Założenia: wydział dysponuje 22 salami dydaktycznymi, liczba zajętych bloków wynosi 615. Pierwszy wiersz zawiera dane faktyczne, kolejne – hipotetyczne, zależne od długości dnia pracy.

\* Kolumna prezentuje fikcyjną liczbę sal, ukazującą stopniową „redukcję” wyjściowego zasobu sal wskutek skracania dnia pracy.

Źródło: opracowanie własne.

Jak zatem widać, sterując siatką godzinową można uzyskać znaczący wpływ na zasób sal i stopień ich wykorzystania. Władze jednostek, stając przed dylematem: rozbudować bazę dydaktyczną kosztem ogromnych nakładów czy wydłużyć dzień zajęć, mogą być skłonne wybrać drugie rozwiązanie, gdyż zwiększenie intensywności wykorzystania zasobów to opcja tańsza.

Stopień wykorzystania sal nie leży tylko w gestii danej jednostki, ale zależy też od liczby użytkujących je wydziałów w ramach całej uczelni. Traktując zbiór pomieszczeń jako ogólnouczelniane dobro, a nie tylko zasób przypisany do konkretnych wydziałów można byłoby dokonać swoistego procesu „wymiany” sal pomiędzy planistami poszczególnych wydziałów. Jeśli plany w całej uczelni układane byłyby wystarczająco wcześniej, proces planowania miałby wówczas charakter wieloetapowy:

- na pierwszym etapie zajęcia układane są w ramach poszczególnych wydziałów, a planiści wydziałowi mają dostęp tylko do swoich zasobów,
- w etapie drugim wolne sale udostępniane są na otwartym „międzywydziałowym” rynku i mogą być wykorzystywane przez wszystkich. Pozwoliłoby to na wypełnienie luk i poprawiłoby alokację zajęć.

Takie rozwiązanie wymaga technicznej możliwości obserwowania przez planistów wolnych sal i dokonywania przez nich rezerwacji w czasie rzeczywistym. Nie może mieć miejsca sytuacja, że 2–3 planistów zarezerwuje tę samą salę jednocześnie. Wydziały muszą pozostawać też w rozsądnej odległości, tak aby prowadzący zajęcia i słuchacze mogli przechodzić z budynku do budynku.

## 5. NARZĘDZIA PLANISTYCZNE

Interesujące jest, iż pomimo rozwoju technik informatycznych proces planowania nie został w pełni zautomatyzowany. Na rynku pojawiły się wprawdzie programy wspomagające pracę planisty, ale nie są one w stanie w pełni go wyřęczyć. Część programów to dość proste narzędzia, które nadają się do aplikacji w małych jednostkach, część z kolei to rozbudowane pakiety oprogramowania, które zawierają szereg modułów sprzężonych z zasobami dziekanatu (sekretariatu). Znacznie usprawniają pracę planisty, tym bardziej, jeśli zawierają od razu w formie elektronicznej wszelkie niezbędne do planowania informacje (nazwiska pracowników, przypisane im przedmioty, liczbę godzin, grupy zajęciowe wraz z liczebnością słuchaczy, zasób sal itp.). Dobre programy nie aspirują jednak do samodzielnego ułożenia planu po wprowadzeniu wszelkich danych, lecz pozostawiają to zadanie planiście. Tylko on jest w stanie wyważyć interesy użytkowników i na bieżąco dokonać wyborów pomiędzy sprzecznymi celami. Niestety, nowoczesne narzędzia są wysoce specjalistyczne i w związku z tym – drogie. Wobec ograniczonych środków finansowych planiści muszą wspomagać się samodzielnymi projektowanymi narzędziami, wykorzystując powszechnie dostępne oprogramowanie, jak np. arkusze kalkulacyjne.

W praktyce uczelnie posiadają różne niekompletne bazy danych, które nie współpracują z programami wpierającymi planowanie, w związku z czym dane trzeba najpierw wyeksportować (często w formie analogowej), i dopiero po odpowiednim przekształceniu wprowadza się je do baz programów planistycznych. Jest to niewygodne, pracochłonne i rodzi ryzyko błędów. Wobec dobrego programu wspierającego pracę planisty można sformułować kilka postulatów, m.in.:

- Narzędzie jest w pełni zintegrowane z narzędziami administracji uczelni, tak by mogło pobierać niezbędne dane bez konieczności stosowania różnego rodzaju nakładek, importowania danych itp.
- Umożliwia pracę przez sieć Internet.
- Sygnalizuje konflikty (np. dwóch pracowników w jednej sali), ale pozwala też je ignorować.
- Umożliwia sprawne planowanie zajęć dla konkretnych wykładowców, grup studentów, pomieszczeń.
- Daje szybki podgląd planowanych wielkości, np. pokazuje listę dostępnych sal.
- Zapewnia przejrzystą dla użytkowników publikację planu *on-line* i w przyjazny sposób wyświetla żądane przez użytkowników informacje (plan dla konkretnej grupy, roku, dnia, sali itp.).
- Pozwala na zapisy słuchaczy na zajęcia.
- Przygotowuje szereg statystyk dla decydentów.

## 5. PODSUMOWANIE

Wyniki przeprowadzonych rozważań pozwalają sformułować kilka wniosków.

Układanie planów zajęć dydaktycznych można rozważać w kategoriach optymalizacji wielokryterialnej, trudno jednak precyzyjnie zapisać w języku matematycznym tak złożone zagadnienie. Zdefiniowanie funkcji celu z uwzględnieniem preferencji użytkowników i ich użyteczności pozwala włączyć do analizy tych kwestii dorobek ekonomii dobrobytu. Zaproponowane podejście, akcentujące uwzględnienie preferencji użytkowników planu odróżnia się od metod czysto „inżynierskich”, technicznych.

Plan zajęć dydaktycznych w znaczący sposób wpływa na jakość życia jego użytkowników, gdyż jeśli jest źle ułożony – generuje niepożądane luki w dniu pracy i dezorganizuje funkcjonowanie jednostki. Planista może w znaczącym stopniu uwzględniać preferencje użytkowników, ale nieraz musi je – dla dobra ogółu – ignorować. Rozkład zajęć ogniskuje duży zestaw ograniczeń i oczekiwań, co oznacza konflikty interesów i konieczność dokonywania ciągłych wyborów przez planistę.

Autor planu realizuje w praktyce zasadę sprawnego działania – przy danych zasobach i zdefiniowanych efektach stara się zminimalizować koszty (w tym przypadku np. niepożądane „okienka”). Plan stanowi ważną informację o wykorzystaniu zasobów materialnych danej uczelni i może być pomocny dla decydentów w określaniu długości dnia pracy lub konieczności (dez) inwestycji.

Ze względu na swój skomplikowany charakter, specyfikę oraz ogrom ograniczeń brzegowych występuje istotna trudność w pełnym zautomatyzowaniu zadania planistycznego. Czy to jednak nie lepiej, gdy ostateczne decyzje podejmuje człowiek, a nie bezduszne algorytmy?

## LITERATURA

- Acocella N. (2002), *Zasady polityki gospodarczej*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- De Werra D. (1985), *An Introduction to Timetabling*, „European Journal of Operational Research”, Vol. 16, No. 1, 67–77.
- Łodziński A. (2008), *Modelowanie preferencji użytkownika w systemie wspomagania decyzji*, VII Konferencja Informatyki Stosowanej Chełm, 30–31 maja 2008, <http://kis.pwshchem.pl/publikacje/VI/ALodzinski.pdf> (20.10.2011).
- Szwed C, Toczyłowski E. (1998), *Dezagregacja zasobów lokalowych w harmonogramowaniu zajęć*, [w:] Trzaskalik T. (red.), *Metody i zastosowania badań operacyjnych część II*, Katowice, 211–230.

## CONSTRUCTING OF TIMETABLES AS A MULTIPLE CRITERIA OPTIMIZATION PROBLEM – SOME REFLECTIONS

**Abstract.** Each educational institution shall draw up lesson plans that take into account many constraints and preferences of users and determine the intensity of utilization of the material base. The article aims at bringing the issues of planning activities and tries to identify a number of dilemmas facing the planner. The article takes up theoretical aspects of optimal distribution of classes (lectures), focusing on several key issues: users' preferences, the utilization of teaching spaces and planning tools.

**Key words:** multiple criteria optimization problem, preferences, welfare, space utilization.

